المواد وخواصها
(الخرسانةوانواعها)

مقدمة

يبحث علم خواص و مقاومة المواد و اختباراتها فى الدراسات الفنية و التطبيقية لجميع المواد الهندسية فى كافة المجالات الهندسية سواء فى مجال الانشاءات أو صناعة اللا لات و المعدات المستخدمة فى جميع نواحى الحياة .

كما يبحث هذا العلم فى تطوير وسائل الانتاج بما يحقق اعلى مستوى للاداء و الكفاءة لتسهيل ورفاهية حياة الانسان.

و يرجع الفضل فى التطور التكنولوجى السريع بدرجة كبيرة الى دور علم خواص و مقاومة المواد الذى ساهم فى تحقيق هذا التطور المبنى على معرفة اسرار المواد و بيان الخواص الفنية الدقيقة لكل مادة و تحديد المجالات التطبيقية و مجال الاستخدام للمواد الهندسية المختلفة هذا فضلا عن دور هذا العلم فى تحديد كافة الخواص الطبيعية و الكيميائية و الميكانيكية المميزة لكل مادة و كذلك قدرتها على تحمل الاحمال المختلفة و دراسة كيفية تطوير المواد الهندسية للحصول على خواص مميزة جديدة من شأنها توسيع مجالات الاستخدام

الخواص المميزة للمواد الهندسية

1- الخواص الطبيعية Physical properties :

هى مجموعة الخواص الفيزيائية المميزة للمادة الهندسية مثل خواص الشكل, اللون, الابعاد, التركيب الجزيئى, التركيب البلورى, الوزن النوعى, الصلادة, المسامية, الوزن الحجمى, ...الخ.

2- الخواص الكيميائية Chemical properties :

و هى مجموعة الخواص المتعلقة بالتركيب الكيماوى و القاعدية و الحامضية و مقاومة التأكل و الصدأ و تحديد نسب الاضافات المحسنة لخواص المادة مثل تحديد نسبة الكربون و المنجنيز و السيليكون ,....الخ.

3- الخواص الحرارية Thermal properties:

و هى خواص تتعلق بالتأثير الحرارى على المواد الهندسية مثل تحديد معاملات التمدد و الانكماش و الحرارة النوعية و التوصيل الحرارى و العزل الحرارى و درجة التفتت بالحرارة

4-الخواص الضوئية Light properties:

و هى خواص تعتمد على تأثير الضوء على المواد الهندسية مثل درجة نفاذية الضوء و الانعكاس و انكسار الضوء و درجة اللون

5-الخواص الصوتية Sound properties:

لتحديد الخواص الصوتية للمواد الهندسية المختلفة مثل درجة عزل الصوت, درجة نفاذية الصوت, التوصيل الصوتى, التردد, الرنين .

6-الخواص الميكانيكية Mechanical properties :

هى مجموعة الخواص التى تتعلق بسلوك المادة الهندسية تحت تأثير الاجمال بأنواعها المختلفة سواء الاحمال الاستاتيكية أو الديناميكية أو الالمتكررة و تساعد دراسة هذة الخواص على تحديد مدى مقاومة المواد الهندسية الاحمال و الاجهادات بأنواعها و معرفة سلوك المواد عند تعريضها للاحمال.

أنواع و طبيعة الاحمال

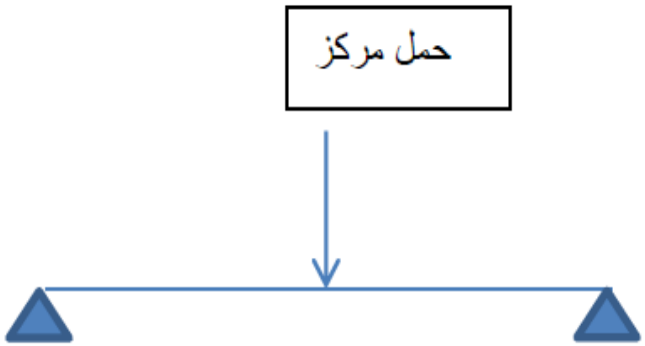
1- أنواع الاحمال طبقا لطريقة نقل الحمل :

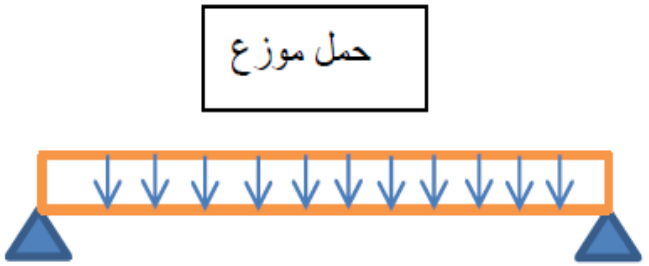
أ-أحمال مركزة Concentrated loads :

و هى الاحمال التى تنتقل الى العناصر الانشائية مركزة فى نقطة تأثير واحدة أو عن طريق مساحة صغيرة جدا و قد تكون هذة الاحمال ثابتة التأثير و القيمة او متزايدة أو متناقصة و قد تؤثر فى موضع ثابت لا يتغير أو قد يكون الحمل متحرك .

ب- الاحمال الموزعة Distributed load :

و هى الاحمال التى تنقل الى العناصر الانشائية موزعة على وحدة الاطوال او وحدة المساحات من طول او مسطح عنصر انشائى





2- أنواع الاحمال طبقا لطريقة تأثير الحمل :

أ- التحميل الاستاتيكى Static Load :

قد يكون الحمل الاستاتيكى ثابت المقدار و الاتجاه و طبيعة و موضع التأثير مثل أوزان العناصر الانشائية و أى احمال دائمة ساكنة مؤثرة عليها, و قد يكون الحمل الاستاتيكى متزايدا او متناقص القيمة و لكن تدريجيا و ببطء حتى يصل الى قيمته العظمى او الصغرى بدون احداث اى اهتزاز او صدم, و من خواص التحميل الاستاتيكى انه تحميل دائم او تحميل تستمر فترة تأثيرة مدة طويلة.

ب- التحميل الديناميكى Dynamic Load :

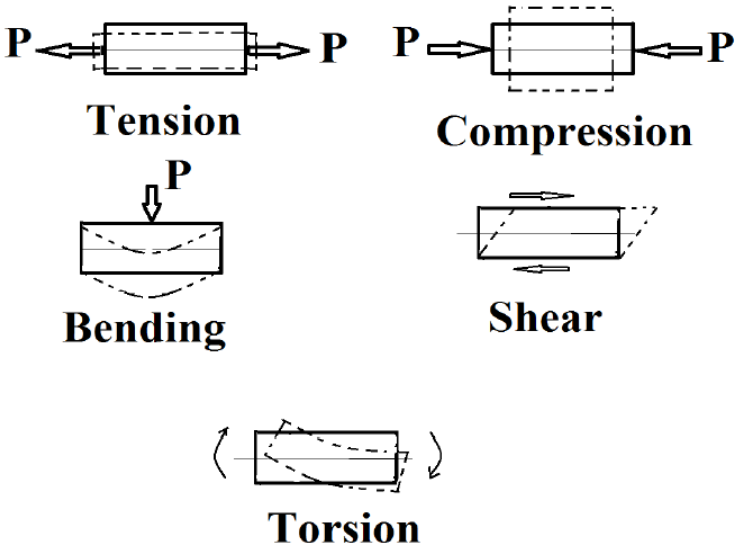
فى هذه الطريقة يحدث الحمل المؤثر على المادة أحمال صدم او احمال اهتزازية و مدة تأثير هذه الاحمال قصيرة نسبيا و تكون قيمة الاجهادات الناشئة عن هذه الاحمال اعلى من الاجهادات الناشئة بتأثير حمل استاتيكيله نفس القيمة, و من امثلة الاحمال الديناميكية حركة القطارات و وسائل النقل على الكبارى .... الخ.

ت- التحميل المتكرر Repeated Load :

فى حالة تعرض المادة او العنصر الانشائى لتأثير حمل متكرر التأثير لعدة مرات فأن الحمل المؤثر بهذه الطريقة يسمى حمل متكرر, و يمكن تلخيص طبيعة تأثير الحمل المتكرر كالاتى :

- اجهادات تتغير قيمتها من قيمة عظمى فى الشد الى قيمة قصوى فى الضغط.
- اجهادات تتغير من قيمة عظمى فى الشد او قيمة عظمى فى الضغط الى صفر.
- اجهادات تتغير من قيمة عظمى فى الشد او قيمة عظمى فى الضغط الى قيمة صغرى فى الشد او قيمة صغرى فى الضغطو لكن بقيمة اعلى من الصفر.

3- أنواع الاحمال طبقا لاتجاه التحميل:



الخواص الميكانيكية للمواد الهندسية

- المرونة Elasticity :

وهى قابلية المادة وقدرتها على العودة الى ابعادها الأصلية عند توقف تأثير الأحمال عليها اى استعادة تامة للابعاد الاصلية للمادة وتقاس بقيمة الاجهاد الاقصى الذى يمكن للمادة ان تتحمله ثم تستطيع استعادة ابعادها الاصلية عند ازالته او بمعنى اخر اكبر اجهاد تتحمله المادة بشرط عدم بقاء اى تغير دائم فى الشكل عند زوال الاجهاد.

- اللدونة (Plasticity) :

وهى قدرة المادة على الاحتفاظ بالتشكلات الناتجة فيها بعد زوال الحمل المؤثر التشكل الدائم بدون كسر او انهيار او بمعنى اخر قدرة المادة على التشكل الدائم بعد زوال الحمل المؤثر اى عدم استعادة الابعاد الاصلية للمادة.

- الممطولية (Ductility) :

وهى قدرة المادة على أداء استطالة كبيرة وملحوظة قبل الكسر تحت تأثير قوى الشد وتعبر عنها بنسبة التغير فى طول العينة ومساحة مقطعها بدون كسر.

- الطروقية (Malleability) :

وهى قدرة المادة على أداء استطالة كبيرة وملحوظة قبل الكسر تحت تأثير قوى الضغط وهى ايضا قدرة المادة على تحمل قوى الطرق ومدى قابليتها للتفلطح بدون حدوث التغير فى الشكل.

- التقصف (Brittleness) :

وهى الخاصية التى تسبب كسر المادة قبل حدوث تغير ملحوظ فى الشكل وحدوث تشكلات طفيفة فى المادة قبل انهيارها مثل الزجاج وحديد الزهر.

- المقاومة (Strengths):

وهى قدرة المادة على مقاومة الأحمال الاستاتيكية وتقاس بالاجهاد الاقصى فى المادة عند تعرضها لانواع الاحمال المختلفة على ان يكون تأثير الحمل ببطء حتى الكسر وتتمثل هذة المقاومات فى :

أ- مقاومة الضغط (Compression)

ب- مقاومةالشد(Tension)

ج- مقاومة الانحناء(Bending)

د- مقاومة القص (Shear)

هـ- مقاومة الالتواء(Torsion)

و- مقاومة الصدم (Impact)

ز- مقاومة الكلال او التعب (Fatigue)

- الاحتمال (Endurance) :

هى قدرة المادة على مقاومة الاحمال المتكررة ويقاس بحد الاحتمال وهو الاجهاد الاقصى الذى يمكن ان تتحمله المادة لعدد كبير من دورات التحميل المعكوسة ككليا دون ان تنهار.

- المتانة (Toughness) :

وهى قدرة المادة على مقاومة الأحمال الديناميكية وامتصاص الطاقة الميكانيكية اثناء تحميلها دون اعادتها كليا وهى اقل كمية من الطاقة تمتصها المادة وتلزم لحدوث الكسر.

أنواع الخرسانة

الخرسانة العادية Plain concrete

هى خرسانة بدون اى تسليح وتستخدم فى اعمال الفرشات الخرسانية تحت الاساسات والارصفة وعمل الكتل الخرسانية غير المعرضة لاجهادات شد وعمل الارضيات والسدود. ومقاومتها تتراوح من 150 الى 250 كج/سم2
حسب الغرض المستخدمة من اجله. ويمكن تحسين بعض الخواص فيها لكى تناسب غرض الاستخدام ، مثلا أن تكون مقاومة للكبريتات أو مقاومة لعوامل التعرية والتآكل كما فى حالة المصدات .

الخرسانة المسلحة Reinforced concrete

وهى خرسانة عادية ويشترك معها حديد التسليح لمقاومة إجهادات الشد وهذا النوع من الخرسانة هو الأكثر شيوعا وإستخداما فى العالم وذلك لسهولة تنفيذه ورخص تصنيعه. ويمكن أن يصب فى الموقع مباشرة او يصب فى المصنع لعمل وحدات خرسانية جاهزة . وينبغى تحقيق الاتزان والتوافق بين الاجهادات والانفعالات فى كل من الخرسانة والحديد . ومعظم كودات التصميم تهمل تماما مقاومة الخرسانة للشد وبالتالى فإن الحديد يتحمل كل قوى الشد المؤثرة ، أما الخرسانة فتتحمل قوى الضغط .

الخرسانة سابقة الإجهاد Prestressed concrete

وهى خرسانة عادية يتم إكسابها إجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الإجهادات وتكون كفيلة بملاشاة إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال وبالتالى لا نحتاج الى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للإجهادات على طول القطاع الخرسانى بعد التحميل هى غالبا إجهادات ضغط وبالتالى تكون الخرسانة كفيلة بتحملها. وبناءا عليه يجب أن تكون الخرسانة ذات مقاومة عالية للضغط تتراوح بين 350 الى 600 كج/سم2 وذلك حتى يمكنها تحمل اجهادات ضغط التصنيع واجهادات ضغط التشغيل. وأسياخ الصلب المستخدمة فى الخرسانة سابقة الاجهاد تسمى كابلات وهى عبارة عن أسلاك أو حبال مجدولة من مجموعة أسلاك أو قضبان من الصلب . وتمتاز الخرسانة سابقة الاجهاد بقلة الشروخ السطحية مع مقاومة عالية للاحمال . وهى مناسبة للاستخدام فى الكبارى والمستودعات المائية والوحدات الجاهزة مثل فلنكات السكك الحديدية واعمدة التلغراف .

وهناك يوجد طريقان لإكساب الخرسانة لإجهادات الضغط :

طريقة الشد السابق pre-tension:

وفيها يتم شد كابلات الصلب قبل صب الخرسانة وقبل تصلدها وتترك هذه الكابلات مشدودة حتى تتصلد الخرسانة وتكتسب وقاومتها القصوى ثم بعد ذلك يتم رفع وإزالة قةى الشد من الصلب الذى يحاول ان ينكمش داخل الخرسانة المتصلدة مما يؤدى الى حدوث إجهادات ضغط فى الخرسانة عن طريق قوى التماسك بين الحديد والخرسانة وتستخدم طريقة الشد السابق فى إنتاج الواحدات سابقة الصب سابقة الاجهاد حيث تسمح المعالجة بالبخار واستخدام خرسانة عالية المقاومة المبكرة والإزالة المبكرة لتلك الوحدات والاستغلال اليومى للقوالب .

طريقة الشد اللاحق_ post-tension :

وفيها يتم عمل انابيب مفرغة (مواسير أو أجربة) داخل الخرسانة وتوضع كابلات الصلب حرة الحركة بداخلها بدون شد حتى تتصلد الخرسانة تماما . يتم شد الكابلات بعد تصلد الخرسانة حيث لا يكون هناك اى قوى تماسك بين الصلب والخرسانة . وبعد ذلك يتم رفع وإزالة قوى الشد من الصلب حيث يسبب إجهادات ضغط على الواح الصلب المثبتة فى طرفى العنصر الخرسانى والتى تنتقل بدورها الى الخرسانة بالتحميل . وبعد ذلك تملأ الفراغات بين كابلات الصلب والمواسير بمونة الجروات التى تتصلد وتقلل من فرصة صدأ صلب الكابلات .

استخدامات الخرسانة سابقة الاجهاد :

_تغطية البحور الطويلة كما فى الجسور .

_ تغطية الصالات ذات المساحات الكبيرة .

مميزات الخرسانة سابقة الاجهاد :

_ تعطى قطاعات خرسانية تتحمل كل القوى المؤثرة عليها دون حدوث شروخ .

_ تقلل من قطاعات العناصر الخرسانية وتكسبها قوة .

_ توفر فى مواد الانشاء وبالتالى تقلل من الحمل الميت على الاعمدة والاساسات
_ تستخدم فى البحور الطويلة بالرغم من قطاعاتها القليلة وبالتالى يسهل تشغيلها ونقلها .
_ تقلل من كمية الحديد مقارنة مع الحديد المستخدم فى الخرسانة فى الخرسانة التقليدية .

تسليح الخرسانة مسبقة الاجهاد :

يستخدم نظام حديد التندون وهو قد يكون على شكل أسلاك او مجموعة من أسلاك مبرومة أو أسياخ مجدولة

الخرسانة الجاهزة (سابقة الصب) Precast concrete :

تصب الخرسانة وتعالج حتى تمام تصلدها فى المصنع ثم بعد ذلك تنتقل الى المنشأ وممكن أن تكون خرسانة عادية أو مسلحة أو سابقة الاجهاد وتشمل البلاطات والاعمدة والحوائط والبلوكات الخرسانية والفلنكات ووحدات الاسوار والسلالم . وفيها يتم التحكم فى عملية جودة الخرسانة والتصنيع مثل :

_ استخدام ركام جيد متدرج
_ اجراء الدمك والخلط ميكانيكيا
_ استخدام إضافات للتلوين
_ تقليل الماء
_ معالجة بالبخار
_ استخدام المواد العازلة المطلوبة

وعند تصنيع العناصر المختلفة من الخرسانة الجاهزة فيجب الاخذ فى الاعتبار كافة الاحمال الخارجية المؤثرة على العنصر فى مراحل التصنيع والتخزين والنقل والتركيب والتنفيذ والاستخدام .

الخرسانة عالية المقاومة High strength concrete :

وهى خرسانة ذات مقاومة تزيد عن 600 كج/سم2 وقد تصل او تزيد عن 1400 كج/سم2 ويمكن الحصول عليها باستخدام المزاد المحلية المتاحة والتى تستخدم فى صناعة الخرسانة التقليدية (250 كجم/سم2) من ركام وأسمنت وماء إلا أن الخرسانة عالية المقاومة تحتوى على مادة إضافية أخرى من الملدنات وذلك حتى يمكننا تقليل ماء الخلط الى اقصى درجة مع الحصول على نفس القابلية للتشغيل وبالتالى الحصول على المقاومة العالية . واما المواد البوزولانية مثل مادة غبار السيليكا فقد تجد فى كل من نوعى الخرسانة . إن اهم شئ يجب أخذه فى الاعتبار عند إنتاج الخرسانة عالية المقاومة هو إختيار مجموعة من المواد التى تتجانس مع بعضها لتعطى خرسانة جيدة لها مقاومة ومتانة وكذلك القابلية للتشغيل المطلوبة .

الخصائص المطلوب توافرها فى المكونات :_

_ الركام الكبير يجب أن يكون قوى ومتين لأنه يعمل كعامل يحدد مقاومة الخرسانة القصوى حيث أن الشروخ فى حالة الخرسانة عالية المقاومة تمر خلال حبيبات الركام الكبيرة وليس حولها كما فى حالة الخرسانة التقليدية . وقد وجد أن الخرسانة المصنوعة من الصخر (مثل الجرانيت أو الدولوميت) تعطى مقاومة أكبر بحوالى 10 الى 20 % من تلك المصنوعة من الزلط .

_ الركام الصغير أو الرمل يجب أن يكون خشن نوعا ما حيث يكون معاير النعومة له من 2.8 الى 3 وذلك لأن الخلطة تكون غنية بالمواد الناعمة مثل الأسمنت وغبار السيليكا إن وجدت .

_ الأسمنت يجب أن يكون عالى الجودة وأن يكون متوافق مع اى إضافة مستخدمة . ولقد وجد أن النسبة المثلى التى تعطى أكبر مقاومة للخرسانة تقع بين 450 الى 500 كج/م3 (9 : 10 شكاير) . ويعتمد ذلك على خصائص وكميات ونسب باقى المكونات وعما إذا كانت الخلطة تحتوى على مادة غبار السيليكا أم لا .

_ غبار السيليكا وهى بوزولانية تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم الحر الناتج من تفاعل الاسمنت مع الماء مكونة مركبات غير قابلة للذوبان مثل سيليكات الكالسيوم والتى تعمل على سد الفجوات الداخلية والمسام الشعرية وبالتالى زيادة المقاومة وتحسين النفاذية وعموما فإن الزيادة فى مقاومة الضغط بتأثير مادة غبار السيليكا قد لا تتجاوز 20 % . وجدر الاشارة أن النسبة المثلى من غبار السيليكا تتراوح من 10 الى 15 % وزن الاسمنت .

_الملدنات وهى أهم مكون للحصول على خرسانة عالية المقاومة حيث بواسطتها نستطيع خفض نسبة ماء الخلط الى 0.25 من وزن الاسمنت فقط وبالتالى يمكننا الحصول على اعلى مقاومة ويجب عمل تحقيق والتأكد من مدى توافق هذه المادة مع الأسمنت المستخدم .

تطبيقات الخرسانة عالية المقاومة :

استخدمت الخرسانة عالية المقاومة لفترة طويلة فى تطبيقات تقليدية هدفها هو استغلال قيمة المقاومة العالية فى الحصول على اقل مساحة قطاع واقل حجم للمنشأ وكذلك أقل وزن للمنشأ . ولذلك كانت هذه التطبيقات محددة فى ثلاث أشياء رئيسية :

_المبانى عالية الارتفاع High Rise Buildings

_الكبارى Bridges

_المنشآت البحرية Offshore structures

وحديثا استخدمت الخرسانة عالية المقاومة فى تطبيقات غير تطبيقية للاستفادة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من ميزاتها العديدة . ومن هذه التطبيقات :

_ الحصول على مقاومة مبكرة عالية
_ إعدة إحياء العناصر الإنشائية القديمة مثل الأرش
_ إستخدامها مع قطاعات الحديد لزيادة جساءة المنشأ
_ عمل خوازيق لولبية لتنفيذها بدون إهتزازات أو ضوضاء
_ محطات الطاقة النووية
_ الانابيب الخرسانية تحت الارض
_ الارصفة والطرق

يجب أن نفرق بين الخرسانة عالية المقاومة والخرسانة عالية الأداء ، فالخرسانة عالية الاداء هى خرسانة لها صفات وخصائص معينة تسمح لها بالعمل فى وسط محدد وفى ظروف معينة . والخصائص التى تميز الخرسانة عالية الأداء عن الخرسانات الاخرى قد تتضمن بعض خصائص الخرسانة الطازجة مثل القابلية للتشغيل او القوام او قد تتضمن بعض خصائص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البرى والخدش أو المقاومة للصقيع أو المقاومة للإنكماش وهذه الخصائص قد تكون منفصلة أو مجتمعة بحيث تعطى خرسانة لها أداء مختلف عن اداء الخرسانة التقليدية المعتادة . والخرسانة عالية الأداء لا يشترط فيها أن تكون عالية المقاومة .

الجدوى من إستخدام الخرسانة عالية المقاومة فى مصر :

تحتاج الخرسانة عالية المقاومة الى تكلفة عالية نتيجة استخدام مواد ذات جودة عالية وكذلك ثمنا للإضافات المستخدمة وأيضاً لضبط الجودة العالى . وبالرغم من ذلك فقد ثبت علمياً ان استخدام الخرسانة عالية المقاومة يكون له عائد إقتصادى أو عائد فنى كبير بالمقارنة بالخرسانات التقليدية الأخرى .

العناصر المعرضة لقوى ضغط مثل الاعمدة :

تستخدم الخرسانة عالية المقاومة فى العناصر المعرضة لقوى ضغط مثل الاعمدة بأقصى مايمكن حيث الاستفادة من ذلك اقتصاديا بتوفير التكاليف وفنيا بعمل تخفيض فى المساحات والمقاطع ويمكن تلخيص ذلك فى :

_ على الرغم من زيادة تكاليف المتر المكعب من الخرسانة عالية المقاومة وكذلك زيادة تكاليف ضبط الجودة إلا ان التكاليف النهائية للعامود تقل كثيرا . فبإستخدام خرسانة مقاومتها للضغط 1000 كجم/سم مربع فإن التكاليف النهائية للعمدة تصل الى حوالى 55 % فقط من التكاليف فى حالة استخدام خرسانة ذات مقاومة للضغط 250 كج/سم مربع .

_ مساحة القطاع الخرسانى للاعمدة المعرضة الى حمل الضغط محورى تقل الى ما يقرب من 54 % و 37 % نتيجة استخدام خرسانة ذات مقاومة للضغط تساوى 500 كج/سم مربع بدلا من 250 كج/سم مربع .

_ أثبتت الدراسات التحليلية أنه بالنسبة لعمود ذو مقطع ثابت ومعرض إلى حمل ضغط محورى فإنه هناك انخفاض فى نسبة حديد التسليح مقداره 2.2 % لكل 100 كج/سم مربع زيادة فى مقاومة الضغط للخرسانة .

_ إن الانخفاض الملحوظ فى ابعاد القطاع الخرسانى خاصة فى الطوابق السفلى ذو اهمية خاصة لخدمة الاغراض المعمارية وزيادة المساحة لخدمة الاغراض المعمارية وزيادة المساحة المستغلة .

_ ثبات القطاع الخرسانى مع زيادة المقاومة يسمح بزيادة عدد الطوابق للمنشأ نفسه .

العناصر المعرضة لعزوم الانحناء مثل الكمرات :_

استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى العناصر المعرضة لعزوم انحناء مثل الكمرات لا ينتج عنه خفض كبير فى التكاليف كما فى حالة الاعمدة وانما تكون الاستفادة فى هذه الحالة من الناحية الفنية اكثر من الناحية الاقتصادية . ويمكن تلخيص ذلك فى النقاط التالية :

_ الاستفادة الاقتصادية من استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى الكمرات تتحقق فقط عندما يتم تقليل عرض القطاع مع ثبات العمق وثبات نسبة حديد التسليح فى القطاع . فقد وجدنا أنه بزيادة مقاومة الضغط ثلاثة مرات فإن عرض القطاع يمكن ان يقل الى حوالى الثلث كما تقل التكاليف النهائية بنسبة 14 % .

_ استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى الكمرات يستلزم زيادة نسبة الحديد الرئيسى حتى نتجنب حدوث انفعال زائد فى الحديد وبالتالى نتجنب حدوث شروخ أكثر واوسع . ولقد وجد انه عند زيادة مقاومة الخرسانة الى الضعف فان حديد التسليح ينبغى زيادته بنسبة 53 % وذلك حتى نحصل على نفس قيمة الانفعال فى حديد التسليح .

_ تتحقق الجدوى الفنية من استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى الكمرات وذلك بتقليل عمق القطاع وزيادة نسبة حديد التسليح . فقد وجد انه عند زيادة مقاومة الضغط للخرسانة ثلاث مرات فان عمق القطاع يمكن ان يقل الى حوالى 64 % من العمق الاصلى ولكن نسبة الحديد تزيد وتصل الى حوالى 229 % من النسبة الاصلية . وعليه فان التكاليف تزيد بنسبة 42 % .

_ تتحقق الجدوى الفنية من استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى الكمرات وذلك بزيادة بحر الكمرة عند ثبات الحمل المؤثر وثبات القطاع الخرسانى . فقد وجد انه يمكن زيادة بحر الكمرة الى 1.8 مرة عندما تزيد مقاومة الضغط للخرسانة 4 مرات .

_ يوضح الشكل تحقيق الجدوى الفنية من استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى الكمرات من خلال زيادة السعة التحميلية للكمرة عند ثبات القطاع وزيادة نسبة حديد التسليح . فنجد انه بزيادة مقاومة الضغط للخرسانة اربع مرات فان السعة التحميلية لها تتضاعف 3.24 مرة .

_ يمكن اجراء تخفيض جزئى لكل من عرض وعمق القطاع فى آن واحد وذلك حتى يتم إستيفاء شروط التشغيل المختلفة .

المميزات العامة للخرسانة عالية المقاومة :

_ مقاومة الضغط فيها من 600 الى 1400 كج/سم2 (5_7 مرات مقاومة الخرسانة التقليدية)
_ معاير المرونة يساوى تقريبا مرتين الى مرتين ونصف معاير المرونة للخرسانة التقليدية مما يساعد فى تقليل الترخيم والتشكيل .
_ تمتاز بمتانة عالية ومقاومة للاحتكاك ومقاومة للكيماويات .
_ الفوائد الناتجة منها مثل تقليل القطاعات وزيادة الابحر وتقليل الوزن اكثر من الزيادة فى تكاليف انتاجها .
_ تعطى مقاومة عالية بالنسبة لوحدة الثمن وبالنسبة لوحدة الحجوم وبالنسبة لوحدة الوزن .

ويمكن توضيح النقطة السابقة كما يلى :

_ مقاومة عالية بالنسبة لوحدة الثمن :

خرسانة ذات مقاومة 200 كج؟سم2 تتكلف مثلا 200 جنيه/م3 يعنى 1 كج/سم2/جنيه .

بينما خرسانة ذات مقاومة 600 كج/سم2 تتكلف 300 جنيه/م3 اى 2 كج/سم2/جنيه .

_ مقاومة عالية بالنسبة للوحدة الحجوم :

قاعدة عامود من خرسانة مقاومتها 200 كج/سم2 يكون حجمها حوالى 4م3 يعنى 50 كجم/سم2/م3

بينما قاعدة من خرسانة مقاومتها 600 كج/سم2 يكون حجمها حوالى 2 م3 يعنى 300 كج/سم2/م3

_مقاومة عالية بالنسبة لوحدة الوزن :

عامود من خرسانة ذات مقومة 200 كج/سم2 يكون وزنه حوالى 4 طن يعنى 50كج/سم2/طن .

بينما عامود من خرسانة مقاومتها 600 كج/سم2 يكون وزنه حوالى 3 طن أى 200 كج/سم2/طن .

ومن عيوب الخرسانة عالية المقاومة أنها أكثر قصافة من الخرسانة التقليديةوالانهيار بها مفاجئ حيث يكون الكسر فيها خلال الركام الكبير وليس حوله كما فى الخرسانة التقليدية ويمكن التغلب على هذه المشكلة بطرق عديدة منها استخدام الالياف مع الخرسانة . وكذلك فإن استخدام الخرسانة عالية المقاومة يتطلب درجة عالية من ضبط الجودة والتمكم فيها .

الخرسانة الليفية Fiber concrete

هى مصنووعة من الاسمنت والركام ومحتوية على الياف غير مستمرة وموزعة توزيعا عشوائيا فى جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية وتنقسم الالياف الى قسمين رئيسيين من حيث النوع :

_ألياف الصلب وهى قطع من الصلب بطول 3 الى 8 سم وقطر من 0.5 الى 0.8 مم .

_والالياف الصناعية مثل الياف البولى بروبلين والبوليستر والبوليثيلين والاكريلك وتأخذ نفس شكل الياف الصلب ولكنها مصنعة من مواد صناعية .

والالياف لها قدرة على تحسين مقاومة الخرسانة فى القص والشد والانحناء والصدم والانكماش .كما انها تعمل على تقليل اتساع الشروخ اعادة توزيعها . ولكن الالياف لا تؤثر بدرجة كبيرة على مقاومة الضغط . واهم وظيفة للالياف انها تزيد من قيمة معاير المتانة للمادة زيادة كبيرة جدا . وبالتالى فهى تحول ميكانيكية الكسر فى الخرسانة من كسر قصف مفاجئ وخطر الى كسر غير قصف وتدريجى .

الخرسانة ذاتية الدمك Self-compacting concrete

الخرسانة ذاتية الدمك هى الخرسانة التى لها درجة عالية من السيولة والانسياب كما ان لها مقاومة عالية للانفصال الحبيبى ويمكن صبها بنجاح فى القطاعات الضيقة والمزدحمة بحديد التسليح وذلك دون الاستعانة بأى وسيلة دمك خارجية .

وتعتبر الخرسانة ذاتية الدمك نتاج التقدم التكنولوجى فى مجال اضافات الخرسانة حيث تعتبر كل من اضافات تحسين اللزوجة واضافات تقليل ماء الخلط هما العنصرين الاساسيين اللازمين لانتاج هذه الخرسانة .

الخواص المطلوب تحقيقها فى الخرسانة ذاتية الدمك :

أولا: درجة انسياب وسيولة عالية High deformability

ويتحقق ذلك بالاتى:

_ **زيادة سيولة العجينة** باستخدام الملدنات الفائقة او استخدام نسبة عالية من ماء الخلط .
_ **تقليل الاحتكاك الداخلى** بين الحبيبات بتقليل نسبة الركام الكبير فى الخلط او استخدام نسبة من البودرة الناعمة المتدرجة .

ثانيا: درجة مقاومة عالية للانفصال الحبيبى Good stability

ويتحقق ذلك بالاتى:

_ **تقليل الانفصال بن المواد الصلبة فى الخلط** بتقليل المقاس الاعتبارى الاكبر للركام او تقليل نسبة الركام او استخدام اضافات تحسن اللزوجة او تقليل نسبة ماء الخلط .
_**تقليل النضح (الماء الحر) الى اقل درجة ممكنة** باستخدام نسبة اقل من ماء الخلط او استخدام بودرة ذات مساحة سطحية عالية او زيادة نسبة اضافات تحسين اللزوجة .

ثالثا: لها قدرة عالية على الصب والملء فى القطاعات الضيقة او المزدحمة بحديد التسليح وذلك تحت تأثير وزنها وبدون حدوث إنسداد أو توقف للخرسانة
ويتحقق ذلك بالاتى :

_ **ان يكون لها مقاومة عالية للانفصال الحبيبى اثناء صب وتدفق الخرسانة** باستخدام اضافات تحسين اللزوجة وتقليل نسبة الخلط .
_ **التوافق بين مقاس القطاعات والمسافة بين الاسياخ من ناحية مقاس الركام الكبير ونسبته فى الخلط** بتقليل المقاس الاعتبارى الاكبر للركام او تقليل نسبة الركام فى الخلط .

مميزات الخرسانة ذاتية الدمك :

_ سهولة الصب فى القطاعات المزدحمة بحديد التسليح والقطاعات الضيقة .
_ القدرة على صب كمية كبيرة من الخرسانة فى فترة زمنية قصيرة .
_ تحتاج عمالة .
_ لا يوجد بها انفصال حبيبى .
_ لا تحتاج الى استخدام هزازات فى الموقع مما يؤدى الى سهولة الصب والتغلب على مشكلة الضوضاء الناتجة عن الهزازات .
_ لها شكل ومظهر افضل كما انها لا تحتاج الى تسوية سطحها بعد صبها .
_لا تعطى فرصة للتدخل فى الموقع لاضافة ماء للخلطة نظرا لسيولتها .
_أكثر معمرية من الخرسانة التقليدية .

الاختبارات المطلوبة والغرض منها :

وتجدر الاشارة انه بالنسبة للخرسانة ذاتية الدمك فان تحقيق متطلبات وخواص الخرسانة الطازجة يكون له الاولية اذا قورن بمتطلبات وخواص الخرسانة المتصلدة حيث تعتبر المرحلة الطازجة هنا فى الغاية المنشودة ومن ثم توجد اختبارات خاصة لقياس خواص المرحلة الطازجة من الخرسانة ذاتية الدمك وفيما يلى نبذة مختصرة وسريعة عن بعض هذه الاختبارات :

_ إختيار الإنسياب الحر Slump flow

لقياس الانسياب الحر فى حالة عدم وجود عوائق فى طريق الخرسانة . ويستخدم فى ذلك جهاز مخروط الهبوط التقليدى ويلزم ان يكون قطر الانسياب فى حدود من 60 الى 70 .

_ إختبار إنسياب الخرسانة فى القمع V-Funnel Test

ويقيس قدرة الخرسانة على تغيير مسارها والانتشار خلال منطقة ضيقة بدون حدوث إنسداد او توقف . ويستخدم لذلك الجهاز الموضح حيث يتم قياس زمن مرور الخرسانة بالكامل فى القمع . وهذا الزمن يجب ان لا يتجاوز عشر ثوانى .

_ اختبار القدرة على الصب والملء Filling Capacity

وذلك لقياس قدرة الخرسانة على الصب والتدفق فى وجود منطقة مزدحمة بحديد التسليح دون حدوث توقف او انسداد للخرسانة . ويستخدم فى ذلك الجهاز الموضح حيث يتم قياس النسبة المئوية للخرسانة التى تملأ الصندوق والتى ينبغى ان لا تقل عن 80 % .

_ رصد الهبوط فى سطح الخرسانة Surface Settlement

وذلك لقياس الثبات فى الخرسانة بعد الصب حتى حدوث التصلب . حيث ينبغى بقاء الركام معلق فى العجينة دون حدوث هبوط . وتستخدم أجهزة القياس الميكانيكية للتحكم فى رصد الحركة النسبية لسطح الخرسانة .

الخرسانة المقذوفة (خرسانة الرش) Shotcrete

هى خرسانة (او مونة) تقذف بضغط الهواء من فوهة القاذف بسرعة عالية الى السطح المراد تغطيته بالخرسانة . وتستخدم غالبا فى اعمال الاصلاحات والترميم وتبطين الانفاق وتبطين الترع وفى كثير من الاحوال التى يصعب فيها استخدام الطرق التقليدية فى الصب مثلا عندما يكون مطلوب صب طبقات غير سميكة او متغيرة السمك او عندما يصعب الوصول الى منطقة العمل او عندما يكون إستخدام الشدات صعبا او مكلفا كما تستخدم الخرسانة المقذوفة فى اصلاح الخرسانة المتداعية فى الكبارى والاهوسة والسدود والمنشآت المواجهة للمياه وكذلك مبانى الطوب المتآكلة . كما تستخدم فى تبطين الافران بكافة انواعها .

ويوجد نوعين رئيسيين لطريقة تنفيذ الخلطة :

اسلوب الخلط الجاف :

يتم خلط الركام والاسمنت واى مكونات اخرى على الجاف اولا وتدفع باستخدام ضغط الهواء خلال القاذف ثم يضاف الماء عند فوهة القاذف ويدفع الجميع الى السطح المراد صبه .

اسلوب الخلط الرطب :

يتم خلط جميع المكونات بما فيها الماء خلطا جيدا اولا (ما عدا معجلات الشك ان وجدت) ويدفع الجميع باستخدام ضغط الهواء خلال القاذف الى السطح المراد قذفه وفى جميع الاحوال يلزم اعداد السطح المقذوف عليه الخرسانة لضمان جودة ترابطها معه . ويمكن القول ان خواص وسلوك الخرسانة المقذوفة يعتمد كثيرا على صفات المعدات المستخدمة وعلى مهارة القائمين بها كما يعتمد على الظروف التى يتم بها الصب .

وتتميز خلطة الخرسانة المقذوفة باحتوائها على محتوى اسمنت اعلى لتعويض نسبة الفقد منه عند الارتداد من السطح . وكذلك فإن ركامها يتميز بصغر المقاس حيث يفضل ان لا يزيد عن 12 مم . كما انها قد تحتوى على اضافات معينة (ماعدا المؤجلات) لتحسين بعض الخواص المرغوبة وغالبا فان الخرسانة المقذوفة تحتوى على المعجلات وذلك لتسريع عملية الشل للخرسانة المقذوفة . ويفضل ان تكون فوهة القاذف عمودية على السطح المقذوف ولا تتعدى زاوية ميل القاذف على السطح 45 درجة وذلك لضمان التوزيع المنتظم للخرسانة ولتجنب حدوث تكور ودحرجة للخرسانة على السطح مما يؤدى الى سطح متعرج غير منتظم . كما يفضل ان تكون المسافة بين الفوهة القاذف والسطح فى حدود 0.6 الى 1.8 متر.

ويعيب هذه الخرسانة تعرضها للانكماش بقيمة كبيرة نتيجة لكثرة كمية المياه بها وكذلك زيادة محتوى الاسمنت مع نقص الركام الكبير . كما يعيب هذه الخرسانة ايضا احتمال عدم الالتصاق والتماسك التام بمادة السطح الذى ترش فوقه وللتغلب على مشكلة الانكماش يمكن استخدام الالياف مع هذه الخرسانة والتى اثبتت نجاحا كبيرا فى الوقت الحالى .

الخرسانة البوليمرية Polymer – Concrete

البوليمر او الراتنج هو اسم لمادة عضوية تتكون من العديد من الجزيئات المتشابهة ذات الوزن الجزيئى المرتفع والجزئ الواحد من هذه الجزيئات يسمى مونومر .

اما الخرسانة الراتنجية هى خرسانة خاصة يتم الحصول عليها بمعاملة الخرسانة العادية بمواد البوليمر التى تعمل كمواد لاحمة او مالئة للفراغات بين حبيبات الركام . وتمثل المواد البوليمرية حوالى 6 الى 15 % من وزن الخرسانة ومن امثلتها مواد او مركبات البوليستر والايبوكسى وقد تصل تكاليف خرسانة البوليمرز حوالى 2 _ 3 مرات تكاليف الخرسانة العادية **وتمتاز بالاتى :**

_ مقاومة عالية للعوامل الخارجية مثل مقاومة التآكل ونفاذ الماء والمقاومة الكبريتية .
_ مقاومة عالية جدا للانكماش .
_ مقاومة ضغط عالية قد تصل الى 1200 كجم/سم2 .
_ مقاومة شد تصل الى 100 كجم/سم2 .

للخرسانة المحتوية على الراتنجات ثلاث انواع :

_ **الخرسانة البلاستيكية** **(PC)** **Plastic Concrete**

_ **الخرسانة البوليمرية الاسمنتية** **(PCC)** **Polymer Cement Concrete**

_ **الخرسانة الاسمنتية المحقونة بالبوليمرات** **(PIC)** **Polymer Impregnated Concrete**

_الخرسانة البلاستيكية PC

وفيها تحل الراتنجات من محل الاسمنت كمادة رابطة لجزيئات الركام . اى انها عبارة عن ركام متماسك مع بعضه بواسطة مادة رابطة من البوليمرات . والخرسانة البلاستيكية لها خواص ميكانيكية عالية وزمن معالجتها قصير ولها انكماش متناهى فى الصغر ومقاومة عالية للكيماويات وتتوقف الخواص على نوع الراتنج المستخدم وكميته فى الخلط

ومن اهم الانواع المستخدمة :

_ الايبوكسى

_ الفينول فور مالدهيد

_ البولى إستر

_ فور فورال أسيتون

وهذه الخرسانة لها مقاومة تزيد بدرجة كبيرة عن الخرسانة الاسمنتية وتتوقف الزيادة على نوع الراتنج المستخدم وكميته فى الخلطة .

اهم تطبيقات الخرسانة البلاستيكية :

_ طبقة حماية سطحية لاسطح الكبارى والمصانع واماكن الخدمات والسلالم والخرسانة المسلحة وسابقى الاجهاد .

_ ترميم الخرسانات التى حدث بها شروخ نتيجة الحرارة او الانكماش او الاهتزازات .

_ لصق الخرسانة الحديثة والقديمة او الوحدات سابقة الصب .

_ لصق الخرسانة على المعادن كطريق للتقوية والتسليح الخارجى.

_ الخرسانة البوليمرية الاسمنتية PCC

وهى التى تصنع بخلط الاسمنت والركام ويضاف اليها ماء الخلط المضاف اليه الراتنج. اى انها خرسانة تقليدية مع احلال جزء من ماء الخلط بواسطة مواد راتنجية . والراتنج المضاف يكون فى عبوتين : احداهما تحتوى على المنومومر والاخرى تحتوى على المصلد اللازم للتفاعل الكيميائى واتمام عملية البلمرة (إتحاد الجزيئات) وتتم عملية البلمرة اثناء عملية التصلد للخرسانة. ومن ثم تتكون شبكة مستمرة من البوليمرات تملء أغلب فراغات الخرسانة . ويجب لذلك الحذر بان لا تعطل عملية البلمرة طور الاماهة للاسمنت . ومن اهم المونومرات الشائعة الاستخدام كإضافة للخرسانة :

_ فينيل استات

_فينيل كلوريد

_المطاط

_الاكريلات

_ مستحلبات البيتومين

_الايبوكسيات

وقد توصل العلماء الروس الى خرسانة اسمنتية بوليمرية ذات خواص عالية وذلك بادماج فورفريل الكحول وهيدروكلوريد الايثيلين فى خلط الخرسانة مما نتج عنه خرسانة كثيفة ومعدومة الانكماش تقريبا وذات مقاومة عالية للصدأ وذات مسامية منخفضة ومقاومة للاهتزازات . النتائج التى تم الحصول عليها نتيجة استخدام الومنومرات كاضافة للخرسانة العادية اثناء الخلط وقد اعطت تأثيرا محدودا على خواصها الميكانيكية وان كان التأثير أكثر وضوحا على القوام والقابلية للتشغيل .

_ الخرسانة الاسمنتية المحقونة بالبوليمرات PIC

وهى الخرسانة الاسمنتية المتصلدة ةالتى سبق صبها ويتم حقنها او غلغلتها بواسطة مونومرات ذات لزوجة منخفضة ثم تتم البلمرة لهذه المونومرات بعد ذلك وهى داخل الخرسانة وتنقسم الى ثلاث انواع:

_ الخرسانة المغلغلة كليا :

وتستخدم لمقاومة درجات الحرارة العالية او عند التعرض الى المياه المالحة وفيها يتم بدء تنشيط عملية البلمرة وذلك اما بالاشعاع او بالحرارة واهم المونومرات التى تستخدم فى هذه الطريقة :

- **الميثيل ميثا كريلات** Methyl Methacrylate
- **الستيرين** Styrene
- **الكلوروستيرين** Chlorostyrene

وقد اوضحت التجارب أن الخرسانة المغلغلة بالمثيل ميثا كريلات والتى تتم بلمرتها بالاشعاع لها مقاومة ضغط تصل الى حوالى 300 % وعند درجة تشبع بالبوليمرات مقدارها 6.6 % واوضحت النتائج ايضا ان هناك زيادة وتحسينات مناظرة لكل من ماومة الشد وعاير المرونة ومقاومة التجمد والذوبان ومقاومة البر والنفاذية ومقاومة الكيماويات .

_ الخرسانة المغلغلة جزئيا :

وقد تم عمل هذه الخرسانة كأسلوب لتبسيط عملية الغلغلة وتقليل التكاليف وذلك لاستيفاء التطبيقات التى تتطلب المتانة أكثر من القوة واهم المواا المستخدمة فى هذه الطريقة هى البولى استرسترين والميثيل ميثا كريلات وتتأثر خواص الخرسانة الناتجة بدرجة كبيرة بعمق الغلغلة بالبوليمر وبالتالى مقدار التشبع به وبصفة عامة فإن الخرسانة المغلغلة جزئيا تعطى نتائج عالية جدا وان كانت اقل نسبيا من الخرسانة المغلغلة كليا .

_ الخرسانة المغلغلة سطحيا :

وهى شبيهة بالخرسانة المغلغلة جزئيا وان كانت المونومرات المستخدمة فى هذه الطريقة لها لزوجة منخفضة وبالتالى فهى اكثر تطاير ولها معدلات بطنية فى الاختراق داخل الخرسانة وهذه الطريقة من الغلغلة مناسبة لكبارى الطرق السريعة .

تطبيقات الخرسانة المغلغلة بالبوليمر :

_ خرسانة محطات تنقية المياه المالحة (مقاومة للحرارة + المواد الكيماوية)
_ أرضيات الكبارى السابقة الاجهاد
_ الدعامات الخرسانية لاسقف مناجم الفحم
_ الانفاق والمنشآت تحت الماء
_ قواعد المضخات والمنشآت البحرية والخرسانات الخفيفة
_ مواسير المجارى والضغط

الخرسانة الخفيفة Lightweight Concrete

من اهم عيوب الخرسانة التقليدية (2200 الى 2500 كجم/م3) كمادة انشائية بالمقارنة مع الخشب والحديد ان الخرسانة التقليدية ثقيلة الوزن نسبيا حيث تكون نسبة الوزن الذاتى لاجزاء المبنى بالمقارنة مع الاحمال المؤثرة هى نسبة عالية فى جميع الاحوال . ولذلك تم التفكير فى انتاج واستخدام خرسانة خفيفة وزنها اقل من 2000 كجم/م3 ولذلك فقد امكن تصنيع خرسانة انشائية تزن 1400 الى 1900 كجم/م3 بزيادة بسيطة فى التكاليف وكذلك انتاج خرسانة نصف انشائية للبلوكات الداخلية تزن 900 كجم/م3 وتستعمل بكفاءة كحوائط داخلية وعموما الخرسانة الخفيفة هى تلك التى وزنها عن 2000 كجم/م3 . والغرض من استخدامها هو التقليل من وزن المنشأ وبالتالى تقليل تكاليف الاساسات وكذلك لاغراض العزل الحرارى والصوتى .

أنواع الخرسانة الخفيفة :

يمكن تخفيض وزن الخرسانة باحد الطرق التالية :

_ إيجاد فراغات بين حبيبات الركام فتنتج خرسانة خالية من المواد الرفيعة

_ إيجاد فراغات داخل الركام فتنتج خرسانة ذات ركام خفيف

_ إيجاد فراغات داخل العجينة الاسمنتية فتنتج الخرسانة المهواة او الخلوية

_ خرسانة خالية من المواد الرفيعة Finless Concrete

تتكون من الاسمنت والركام الكبير فقط واحيانا يستخدم فيها الهواء عن طريق اضافة مواد رغوية او باستعمال تدرجات خاصة من الركام. والركام الكبير يمكن ان يكون زلط او احجار مكسرة او ركام خفيف. وينحصر تدرج الركام بين 10 مم الى 20 مم ولا تتعدى نسبة المار من المنخل الصغير عن 5% وهذا النوع من الخرسانة ذو كثافة تتراوح من 3/2 الى 4/3 كثافة الخرسانة التقليدية المصنوعة من نفس الركام وهذا النوع يحتاج الى تصميم دقيق وخصوصا بالنسبة لمحتوى الماء .

_ خرسانة الركام الخفيف Lightweight Aggregate Concrete

خرسانة الركام خفيف الوزن هى اكثر انواع الخرسانات الخفيفة شيوعا واستخداما إذ يمكن إستعمالها كخرسانة إنشائية. والركام المستخدم فى الخرسانة الإنشائية الخفيفة هو فى أغلب الاحوال ركام صناعى. وصناعة الركام تعتبر أحد أجزاء التصنيع للخرسانة الخفيفة

من أمثلة الركام الخفيف :

_ الطين الممد (اليكا)

_ الفيرموكليت

_ الفوم (بوليسترين)

الصفات الواجب توافرها فى الركام الخفيف :

** يجب ان تكون حبيبات الركام

_ متجانسة من حيث التركيب والصفات .

_ ذات وزن نوعى منخفض

_ ذات مقاومة مناسبة (عامل مؤثر على مقاومة الخرسانة)

_ ذات قدرة على التماسك مع حبيبات الاسمنت

_ ذات مقاومة جيدة للعوامل الجوية

_ يجب ان تحتوى الحبيبات على أكبر عدد من الفراغات الداخلية الصغيرة المنفصلة وعلى اقل عدد ممكن من الفراغات الكبيرة المتصلة .

_الخرسانة المهواة (ذات الخلايا) Cellular Concrete

وفى هذا النوع تتكون فقاعات من الغازات والهواء فى وسط الخرسانة وهى فى الحالة الطازجة ويظل التركيب مسامى بعد ان تشك الخرسانة.

والطريقتين الرئيسيتين لإنتاج هذا النوع هما :

_ انتاج غازات فى الخلطة بتفاعلات كيميائية

_ اضافة مواد رغوية للخلطة

ومن المواد الشائعة المولدة للغازات المسحوق الناعم من بودرة الالومنيوم او بودرة الزنك (0.2 % من وزن الاسمنت) وعند خلطها بالاسمنت تتكون فقاعات من الهيدروجين فتنتفخ الكتلة مكونة عند تصلدها مادة ذات تركيب خلوى وتجدر الاشارة الى ان هناك علاقة طردية بين وزن الخرسانة ومقاومتها للضغط .

الخرسانة الثقيلة Heavy Weight Concrete

وهى خاصة بالوقاية من الاشعاع الشمسى الذرى والنووى حيث تتناسب قدرة الخرسانة لامتصاص هذه الاشعاعات مع وزنها او كثافتها وبالتالى تكون حوائط وبلاطات الارضيات والاسقف من الخرسانة الثقيلة. وتصنع الخرسانة الثقيلة من ركام من مواد ثقيلة من خامات الحديد او خام الرصاص . وتجدر الاشارة ان خام الحديد يعطى خرسانة وزنها من 3000 الى 4000 كجم/م3. وقد تستخدم قطع من الحديد كركام وتصل كثافة خرسانته الى 5600 كجم/م3. ومن الممكن استخدام النواتج الثانوية من الفرن العالى مثل جلخ المحولات الاكسجينية وخردة سى لانتاج الخرسانة ذات الكثافة حوالى 2800كجم/م3. ويستخدم فى بعض الاحيان ركام من صخر السربنتين (سليكات الماغنسيوم المماهة) وبصفة عامة فلابد لركام الخرسانة الثقيلة الوزن ان يوفى بمتطلبات الكثافة والتركيب وذلك للوقاية من الاشعاع ويستخدم الاسمنت البورتلاندى العادى ولكن يفضل الاسمنت منخفض الحرارة فى حالة الخرسانة الكتلية ثقيلة الوزن كما لا يستخدم الاسمنت سريع التصلد . ايضا لا تستخدم اضافات المعجلات او اضافات الهواء المحبوس وانما يمكن استخدام الملدنات والمؤجلات .

ونظرا لان الركام المكون من قطع الحديد يميل دائما الى الانفصال عند خلطه او صبه بالطرق التقليدية فانه يفضل استخدام الخرسانة الثقيلة سابقة الرص والتى تعتبر اكثر مناسبة فى هذه الحالة . وتصنع الخرسانة سابقة الرص من دفع وضخ المونة خلال فراغات ركام نظيف ومرصوص ومدموك جيدا ومشبع بالماء . وعندما تضخ المونة خلال القوالب او الفرم فتزيح ما بها من ماء وهواء وتملأ الفراغات وبذلك تنتج خرسانة ذات كثافة عالية بها نسبة عالية من الركام . ويميز هذه الخرسانة سهولة صبها فى بعض المناطق او الاحوال التى يصعب فيها صب الخرسانة التقليدية .

الخرسانة الكتلية Mass Concrete

وهى خرسانة ذات كتل كبيرة مثل خرسانة السدود والخزانات الارضية او اى ى خرسانة بحيث يكون حجمها من الكبر بحيث يتطلب ذلك اخذ الاحتياطات من تولد الحرارة الناتجة من اماهة الاسمنت وما يتبع ذلك من انكماش وتشريح للخرسانة ويستخدم فى الخرسانة الكتلية ركام كبير قد يصل مقاسه حوالى 15 سم . ونظرا لوجود حرارة تفاعل عالية من الاسمنت فإنه ينبغى أخذ بعض الاحتياطات الضرورية مثل :

_ إستخدام اسمنت من النوع منخفض الحرارة Low heat

_ إستخدام محتوى قليل من الاسمنت خلطة فقيرة Lean mix

_ إحلال نسبة 10 الى 20 % من الاسمنت بمادة بوزولانية مثل غبار السيليكا أو الرماد المتطاير .

_ إستخدام الثلج المجروش بدلا من جزء من ماء الخلط وتسمى هذه العملية بالتبريد السابق .

_ وجود مواسير رفيعة من الصلب رقيق الجدران داخل الكتلة الخرسانية تمر خلالها دورات من الماء البارد لخفض الحرارة وتسمى هذه العملية بالتبريد الاحق

_ الصلب على طبقات قليلة الارتفاع بحد اقصى واحد متر .

_ العزل السطحى للخرسانة برقائق من البوليسترين أو اليوريثان وذلك بغرض تنظيم معدل هبوط الحرارة (وليس خفض الحرارة) بحيث يقل فرق

الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية GRC

فى إطار تطور صناعة الخرسانة تم انتاج خرسانة مسلحة بالالياف الزجاجية فى القرن العشرينلتكون البديل عن مواد الاكساء الكلاسيكية والطبيعية كالحجر والرخام وغيره وليساهم بشكل عام فى الانشاء العصرى اقتصاديا وتقنيا وجماليا فى جميع انحاء العالم منذ أكثر من 20 عاما وهو فى تطور دائم والخرسانة المسلحة بالالياف الزجاجية هى عبارة عن مجموعم متكاملة من المركبات المعتمدة على الاسمنت عالى الاداء المسلح بالالياف الزجاجية ذات القدرة الخاصة لمقاومة القلويات مما يجعله قابلا للتطويع ليناسب مجالا واسعا من التطبيقات .

استخدامات الخرسانة المسلحة بالالياف الزجاجية :

تستعمل هذه التقنية فى عدة مجالات منها :

_ ألواح كسوة للواجهات الخارجية وتيجان اللأعمدة .
_ تستخدم فى عمل الكرانيش والدرابزينات .
_ عمل الاسقف المستعارة .
_ القباب الداخلية والخارجية .
_ عمل قنوات الرى والصرف .

الخرسانة المصبوبة فى الموقع Cast – Site

صب الخرسانة هو وضع الخرسانة الطرية فى مكانها الطبيعى داخل الشدات وتوزيعها لتأخذ شكلها النهائى طبقا لشكل الشدة الموضوعة (المصبوبة) فيها . يتم وضع كميات حديد التسليح داخل الشدات بالموقع حسب الرسومات التنفيذية ثم تصب الخرسانة .

يلزم عند الصب اتباع الارشادات والاحتياطات الخاصة بمراحل النقل والصب والدمك والتسوية والمعالجة وذلك بهدف الحصول على خرسانة ذات مقاومة ومتانة عالية .

عدم إتباع الطرق السليمة فى الصب يؤدى الى :

_ الانفصال الحبيبى .

_ التعشيش .

ويؤثر ذلك فى :

_ ضعف المقاومة للخرسانة .

_ نفاذية الخرسانة للماء .